

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 10 月 27 日 (27.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/101927 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H05H 1/46, H01L 21/304, H05H 1/30

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002479

(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 17 日 (17.02.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2004-102452 2004 年 3 月 31 日 (31.03.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社栗田製作所 (KURITA SEISAKUSHO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6100221 京都府綴喜郡宇治田原町大字湯屋谷小字西塔ヶ谷 1 番 3 3 Kyoto (JP). 大研化学工業株

式会社 (DAIKEN CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5360011 大阪府大阪市城東区放出西 2 丁目 7 番 1 9 号 Osaka (JP).

(71) 出願人 および

(72) 発明者: 滝川 浩史 (TAKIKAWA, Hirofumi) [JP/JP]; 〒4418066 愛知県豊橋市王ヶ崎町字上原 1 番地の 3 (1-104) Aichi (JP).

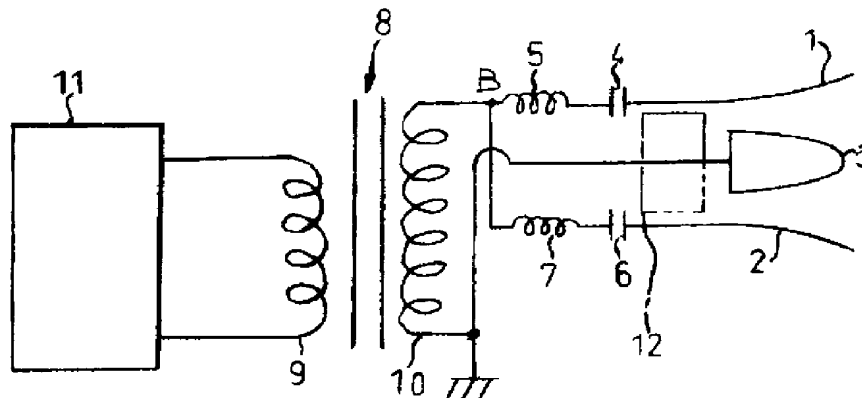
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西村 芳実 (NISHIMURA, Yoshimi) [JP/JP]; 〒6100221 京都府綴喜郡宇治田原町大字湯屋谷小字西塔ヶ谷 1 番 3 3 株式会社栗田製作所内 Kyoto (JP). 原田 昭雄 (HARADA, Akio) [JP/JP]; 〒5360011 大阪府大阪市城東区放出西 2 丁目 7 番 1 9 号 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: POWER SUPPLY CIRCUIT FOR PLASMA GENERATION, PLASMA GENERATING APPARATUS, PLASMA PROCESSING APPARATUS AND PLASMA-PROCESSED OBJECT

(54) 発明の名称: プラズマ生成用電源回路、プラズマ生成装置、プラズマ処理装置及び目的物



(57) Abstract: A power supply circuit for plasma generation by which a large quantity of generated plasma can be smoothly obtained without increasing the sizes of an apparatus, a plasma generating apparatus, a plasma processing apparatus which can process a large quantity of objects to be processed at a low cost by using the plasma generating apparatus, and plasma-processed objects having target qualities. An electric discharge generating electrode is composed of two or more first electrodes and one or more second electrodes. An LC series circuit is provided by connecting a capacitor C and a coil L in series between one of outputs of an alternating high voltage generating circuit which generates an alternating high voltage to be applied between the electrodes of the electric discharge generating electrode, and the first electrode. When electricity is discharged in one of the electrode pair, voltage drop is suppressed by the coil even when the electric discharge of the capacitor progresses, and since electric discharge from the other electrode pair is induced without being disturbed, a large quantity of plasma can be smoothly generated by sharing the alternating high voltage generating circuit.

(57) 要約: 装置を大型化することなく、多量の生成プラズマを円滑に得ることができるプラズマ生成用電源回路と、プラズマ生成装置と、かかるプラズマ生成装置を用いて、多量の被処理物を低コストでプラズマ処理可能なプラズマ処理装置と、プラズマ処理を受けた目的品質を有した目的物を実現する。 2 個以上の第 1 電極と 1 個以上

[続葉有]

WO 2005/101927 A1



(74) 代理人: 三木 久巳 (MIKI, Hisami); 〒5410056 大阪府  
大阪市中央区久太郎町 2 丁目 3 番 8 号 ハイム船場  
303号 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護  
が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,  
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,  
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,  
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

の第 2 電極からなる放電発生用電極の各電極間に印加する交番高電圧を発生させる交番高電圧発生回路の一方の出力  
と、前記第 1 電極との間に、コンデンサ C とコイル L とを直列接続した LC 直列回路を設けた。いずれか一つの電  
極対において放電が起きたとき、コンデンサの放電が進んでもコイルによって電圧低下が抑制され、他方の電極対  
による放電も妨げられずに誘発されるため、交番高電圧発生回路を共用して円滑に多量のプラズマを生成できる。

## 明 細 書

プラズマ生成用電源回路、プラズマ生成装置、プラズマ処理装置及び目的物

### 技術分野

[0001] 本発明は、電極間に交番高電圧を印加するプラズマ生成用電源回路、この電源回路に基づく放電によってプラズマを生成するプラズマ生成装置、そのプラズマ生成装置を用いて、被処理物から目的物質を生成したり、被処理物の表面処理、殺菌、消毒、洗浄、改質、濡れ性改善、切断等の処理を行うプラズマ処理装置及び製造された目的物に関する。

### 背景技術

[0002] この種の放電によるプラズマ生成装置では、商用周波数の電圧又は高周波電圧を高周波トランスで昇圧し、対向する電圧間に印加することによりプラズマを生成している。

[0003] 例えば、下記の特許文献1の特開2001-297898号公報に示されるプラズマ表面処理装置には図18のようなプラズマ生成装置が開示されている。このプラズマ生成装置は電源回路100、高周波トランス103、一對の電極104、105からなる。電源回路100は高周波トランス103の一次コイル101に高周波電圧を印加する。高周波トランス103の二次コイル102には、約数千〜1万ボルトに昇圧された高周波電圧が発生し、この高周波電圧が一對の電極104、105間に印加される。この結果、一對の電極104、105間に発生する放電によってプラズマが生成される。エアポンプPは電源回路100から電力供給を受けて空気流を発生させる。この空気流は一對の電極104、105間に供給され、電極間で生成されたプラズマを被処理物106の表面に吹き付ける。このプラズマの照射によって、被処理物106の表面処理が行われる。なお、二次コイル102と各電極104、105間には放電電流制限用コンデンサ107、110が挿入されている。コンデンサ107、110と並列接続された抵抗109は放電を停止した後、コンデンサ107、110に残留する充電電圧を速やかに放電させ、残留電荷による感電等を防ぐためのものである。

[0004] 上記のプラズマ生成装置は被処理物のプラズマ表面処理装置に適用されるが、単一の電極対による表面処理装置ではプラズマ処理可能範囲が自ずと限られるため、より広範囲に、あるいは効率的に処理を行う場合には複数個のプラズマ表面処理装置が必要となる。しかし、プラズマ処理装置単体を複数使用するのではコストアップになり、また処理装置が大規模化する問題を生じる。この問題の対応策の一つとして、プラズマ生成装置の電源回路や高周波トランスなどの電源供給回路部を共用して、複数対の電極間に電力を供給することによって、広範囲あるいは大量のプラズマを生成させる装置の小型化と低コスト化を図ることが考えられる。

[0005] 図17は電源供給回路部の共用例を示す。図18と同様の構成部分には同じ符号を付している。二次コイル102の接地側に共通電極112を設け、これに対向して2つの電極111、113が配設されている。各電極と二次コイル102との間にはコンデンサ114、115が挿入されている。このような構成によれば、2つの電極対に対して電源回路100や高周波トランス103などを共用することができるが、実際のプラズマ生成に関して以下の問題があった。

[0006] 例えば、電極111と共通電極112間で放電が発生すると、それに伴いコンデンサ114の放電が進む。この放電により、コンデンサ114が接続された、二次コイル102の一方の出力端の電位Aが数10〜10V程度まで低下する電圧低下が生じる。この電圧低下の結果、もう一つの電極113側のコンデンサ115の充電電荷が電極111側に流がれて失われるため、電極111と共通電極112間での放電が誘発されないという問題があった。

特許文献1:特開2001-297898号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記の課題に鑑み、本発明の目的の一つは、装置を大型化することなく、多量の生成プラズマを円滑に得ることができるプラズマ生成用電源回路及びプラズマ生成装置の提供である。そして、本発明の別の目的は、かかるプラズマ生成装置を用いて、多量の被処理物を低コストでプラズマ処理することのできるプラズマ処理装置の提供である。本発明の更なる目的は、このプラズマ処理装置を用いて被処理物を処理

することにより粉体や成膜物などの所望の目的物を提供することである。

#### 課題を解決するための手段

- [0008] 本発明は前記課題を解決するためになされたものであり、本発明の第1の形態は、第1電極と第2電極からなる放電発生用電極に交番高電圧を印加することによって放電を前記電極間に発生させてプラズマを生成するプラズマ生成用電源回路であって、2個以上の第1電極と1個以上の第2電極からなる放電発生用電極と、前記放電発生用電極の第1電極と第2電極間に印加する交番高電圧を発生させる交番高電圧発生回路と、この交番高電圧発生回路の一方の出力と前記第1電極との間に、コンデンサ(キャパシタ)とコイル(インダクタ)とを直列接続したプラズマ生成用電源回路である。
- [0009] 本発明の第2の形態は、前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側コイルの一端側から2つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成用電源回路である。
- [0010] 本発明の第3の形態は、前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側に複数の二次側コイルを設け、この各二次側コイルの一端側から1つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成用電源回路である。
- [0011] 本発明の第4の形態は、第1電極と第2電極からなる放電発生用電極に交番高電圧を印加することによって放電を前記電極間に発生させてプラズマを生成するプラズマ生成装置であって、2個以上の第1電極と1個以上の第2電極からなる放電発生用電極と、前記放電発生用電極の第1電極と第2電極間に印加する交番高電圧を発生させる交番高電圧発生回路と、この交番高電圧発生回路の一方の出力と前記第1電極との間に、コンデンサ(キャパシタ)とコイル(インダクタ)とを直列接続したプラズマ生成装置である。
- [0012] 本発明の第5の形態は、前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記

高周波トランスの二次側コイルの一端側から2つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成装置である。

[0013] 本発明の第6の形態は、前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側に複数の二次側コイルを設け、この各二次側コイルの一端側から1つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成装置である。

[0014] 本発明の第7の形態は、前記第1電極又は第2電極の一方の電極が他方の電極周囲を取り囲む形状を備え、かつその先端部を、前記電極間で発生したプラズマを出力するノズル形状としたプラズマ生成装置である。

[0015] 本発明の第8の形態は、前記第1電極と第2電極が対向し、前記電極間で発生したプラズマをその開放端側で出力するようにしたプラズマ生成装置である。

[0016] 本発明の第9の形態は、前記電極間で発生したプラズマの生成領域に流体を供給する流体供給手段を備えたプラズマ生成装置である。

[0017] 本発明の第10の形態は、前記各電極対を所定方向に配設したプラズマ生成装置である。

[0018] 本発明の第11の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置である。

[0019] 本発明の第12の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、前記各電極間に生成されたプラズマの出力方向が対向するように前記各電極を配置したプラズマ処理装置である。

[0020] 本発明の第13の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間に生成されたプラズマの出力位置が螺旋状に変位するように

前記各電極を配置したプラズマ処理装置である。

[0021] 本発明の第14の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間に生成されたプラズマの出力部が束状に集合された前記電極の集合体を形成してなるプラズマ処理装置である。

[0022] 本発明の第15の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間から放射されるプラズマの前記被処理物に対する照射間隔を制御する制御手段を設けたプラズマ処理装置である。

[0023] 本発明の第16の形態は、第4ー第10形態のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間から放射されるプラズマの前記被処理物に対する照射方向を制御する制御手段を設けたプラズマ処理装置である。

[0024] 本発明の第17の形態は、第11ー第14形態において、前記各電極の近傍に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を備えたプラズマ処理装置である。

[0025] 本発明の第18の形態は、前記第14形態において、前記各電極の集合体の中央部に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を設けたプラズマ処理装置である。

[0026] 本発明の第19の形態は、第11ー第18形態のいずれかに記載のプラズマ処理装置を用いて被処理物をプラズマ処理することにより製造される目的物である。

## 発明の効果

[0027] 本発明の第1の形態によれば、前記交番高電圧発生回路の一方の出力と、前記第1電極との間に、キャパシタンスCのコンデンサとインダクタンスLのコイルとを直列接続したLC直列回路を設けているので、いずれか一つの電極対において放電が起きたとき、当該電極において放電が進んでも、前記コイルによって、高周波トランスの二次側出力の電圧低下が抑制される。このLC直列回路による電圧低下の抑制作用によって、他の放電発生用電極へ印加される電圧の維持が行われるので、複数の放電が確実にしかも同時的に発生する。従って、本形態にかかるプラズマ生成用電源回路においては、前記複数対の放電発生用電極に対して前記交番高電圧発生回路を

共用し、装置を大型化させることなく、複数の電極対を同時放電させ、その結果多量の生成プラズマを円滑に得ることができる。また前記複数対の放電発生用電極に対して前記交番高電圧発生回路の共用によって、複合電極対搭載のプラズマ生成装置の低価格化を実現できる。

本発明の交番高電圧とは、連続交流のほか、断続的・間欠的交流でもよく、パルス状電圧でもよい。このパルス状電圧は、両極性でも、正極性でも、負極性でもよい。また、連続的繰り返しパルスでも、断続的・間欠的繰り返しパルスでもよい。更に、両極性の場合、正負の波高値が同一でなくてもよく、交流電圧やパルス状電圧に直流成分が重畳していても構わない。換言すれば、高電圧と低電圧若しくは接地電圧とが繰り返し生じている電圧、又は高電圧と逆極性の高電圧が繰り返し生じている電圧でもよい。正負に振れる電圧の場合、正負の波高値が異なっても差し支えない。

[0028] 本発明の第2の形態によれば、前記交番高電圧発生回路が高周波トランス(からなり、前記高周波トランスの二次側コイルの一端側から2つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成用電源回路である。一つの二次側コイルに2以上の放電用出力回路を接続できるから、一つの二次側コイルで大プラズマを生成制御でき、回路構成が簡単で、回路コストを低減できる。なお、本発明の高周波トランスは、パルストランスと呼ばれることもある。

[0029] 本発明の第3の形態によれば、前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側に複数の二次側コイルを設け、この各二次側コイルの一端側から1つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなるプラズマ生成用電源回路である。二次側コイルを複数設けるから、放電用の出力回路数を自在に増減でき、放電電極数を所望数だけセットすることが可能になる。従って、1台の高周波トランスを用いて二次側コイル数を増加するだけで、放電の大面积化が可能になり、大プラズマの生成が容易になる。



- [0030] 本発明の第4形態によれば、第1形態と同様に、コイルが電圧維持作用を奏し、複数の放電電極を同時放電させることが可能になる。コンデンサにコイルを直列接続するだけであるから、放電数が増加してもコスト高にならず、比較的安価にプラズマ生成装置を構成できる利点がある。また、複数の放電電極は任意形態に配置できるから、生成されるプラズマ形状を自在に調整できる。
- [0031] 本発明の第5形態によれば、第2形態と同様に、1台の高周波トランスの二次側において、一つの二次側コイルに2つ以上の放電用出力回路を接続できるから、一つの二次側コイルだけで放電電極数を自在に調整でき、簡単安価な回路構成で大プラズマを生成できる利点がある。
- [0032] 本発明の第6形態によれば、1台の高周波トランスの二次側において、二次側コイルを複数設けるから、放電用の出力回路数を自在に増減でき、放電電極数を所望数だけセットすることが可能になる。従って、1台の高周波トランスを用いて二次側コイル数を増加するだけで、放電の大面積化が可能になり、大プラズマの生成が容易になる。
- [0033] 本発明の第7の形態によれば、前記第1電極又は第2電極の一方の電極が他方の電極周囲を取り囲む形状を備え、かつその先端部を、前記電極間で発生したプラズマを出力するノズル形状としたので、例えば、同軸円筒型のプラズマ出力部を複数備えて、多量のプラズマジェット照射が可能であり、このような複合プラズマ生成装置を前記交番高電圧発生回路の共用によって、装置を大型化させることなく安価に実現することができる。
- [0034] 本発明の第8の形態によれば、前記第1電極と第2電極が対向し、前記電極間で発生したプラズマをその開放端側で出力するようにしたので任意形状の大量プラズマを生成できる。例えば、各電極対を平面配置すれば平面状プラズマを放射でき、又は各電極対を立体配置すれば立体状プラズマを大量に出力することができる。このような複合プラズマ生成装置を前記交番高電圧発生回路の共用によって、装置を大型化させることなく安価に実現することができる。
- [0035] 本発明の第9の形態によれば、前記電極間で発生したプラズマの生成領域に流体を供給する流体供給手段を備えているので、前記流体供給手段によって、例えば空

気などの気体流を発生させ、前記プラズマの生成領域に流すことによってプラズマを被処理物に吹き付け、生成プラズマを効率よく利用することができる。この場合には送流する気体をプラズマ化できるから、任意気体のプラズマを生成でき、任意気体のプラズマを被処理物に照射できる。前記流体は水などの液体でもよく、電極を液体中に浸漬しておき、電極間に液体を送流させれば、任意液体のプラズマ化が可能になる。前記供給手段は、気体では気体ブロー等、液体ではポンプ・スクリュウ・プロペラなどが利用できる。また、この流体中に被処理物の粉体、液体を混在させて、前記供給手段により前記プラズマの生成領域に被処理物を搬送供給してもよい。

[0036] 本発明の第10の形態によれば、前記各電極対を所定方向に配設したので、例えば平面状・立体状にプラズマを出力させる出力部を複数備えることができ、平面状又は立体状にプラズマ照射が可能な複合プラズマ生成装置を実現することができる。大平面状の第2電極を配置し、この第2電極に対向するように複数の小面積状の第1電極を配置すれば、その間隙間で隙間状の大プラズマを形成できる。このとき、電極の対向面側に誘電体を配置することもできる。また、容器を第2電極とし、この容器内にロッド状の複数の第1電極を同軸構成すれば、容器内全体に広がったプラズマを生成できる。

[0037] 本発明の第11の形態によれば、前記各電極対によって生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置が提供されるから、複数の電極対から同時放射される大量のプラズマを被処理物に照射でき、被処理物の形状や量に応じて効率よくプラズマ処理することが可能になる。この処理には、被処理物から目的物質を生成したり、被処理物の表面処理、殺菌、消毒、洗浄、改質、濡れ性改善、切断等の広範囲の処理が含まれる。

[0038] 本発明の第12の形態によれば、前記第1〜6のいずれかの形態にかかるプラズマ生成装置を用いたプラズマ処理装置であって、前記各電極対によって生成されたプラズマの出力方向が対向するように前記各電極対を配置したので、前記各電極対による生成プラズマからなるプラズマ処理領域に被処理物を導入したとき、より多くの生成プラズマを一度に照射でき、処理能力の向上を図ることができる。例えば、複数の電極対を放射状に配置して、プラズマを中心領域に照射すれば、中心領域のプラズ

マ密度が急激に増大し、このプラズマ中に被処理物となる原料ガスを導入すると、目的粉体を効率よく生成できる。また、この中心領域に任意形状の被処理物を通過させれば、被処理物の周囲表面を同時的にプラズマ処理でき、表面の成膜や改質などの処理が効率的に実行される。

[0039] 本発明の第13の形態によれば、前記各電極対によって発生されたプラズマの出力位置が螺旋状に変位するように前記各電極対を配置したので、前記各電極対による生成プラズマからなるプラズマ処理領域を立体的に拡大したプラズマ処理装置を実現することができる。この螺旋状には、各電極対から放射されるプラズマを中心点から偏心させる場合を含み、この場合にはプラズマ流がプラズマ処理領域を旋回し、原料ガスなどの被処理物を均一に処理することが可能になる。また、偏心させた状態で、プラズマを斜め上方に放射すれば、前記プラズマ旋回流が螺旋状に上昇し、プラズマ処理領域の大容量化を実現でき、被処理物の大量処理が可能になる。

[0040] 本発明の第14の形態によれば、前記各電極対によって生成されるプラズマの出力部が束状に集合された前記各電極対の集合体を形成してなるので、前記集合体によって多量のプラズマを束状に出力可能なプラズマ処理装置を実現できる。即ち、電極対を筒状電極対に構成すれば、各電極対から放射されるプラズマジェットが束状になり、大プラズマジェット流を放射でき、この大面積プラズマジェット流により被処理物を処理すれば、被処理物の形状や量に応じてプラズマ処理の効率化を図ることができる。筒状電極で無い場合には、電極対を重ねたり、放射状配置したり、これらを複数段束ねることにより、大容量プラズマ流を形成でき、この大容量プラズマ流により被処理物の効率処理が実現できる。

[0041] 本発明の第15の形態によれば、前記電極対から放射されるプラズマの被処理物に対する照射間隔を制御する制御手段を設けているから、照射間隔を調整することにより被処理物に対する処理効率を自在に調整できる。被処理物が原料ガスなら、原料ガスに対するプラズマ照射効率を調整し、目的物の製造効率を最適調整できる。また、被処理物が固体物なら、固体物の表面処理を調整でき、例えば成膜効率を増大することが可能となる。

[0042] 本発明の第16の形態によれば、電極対から放射されるプラズマの被処理物に対す

る照射方向を自在に制御調整できる。例えば、筒状反応部に電極を放射状に配設した場合、プラズマの照射方向を自在に変えることにより、筒状反応部に送流される原料ガスに対し、目的粉体を生成する反応効率を最適調整することが可能になる。また、被処理物が固体物なら、固体物表面の処理状態を可変でき、プラズマ処理の目的に応じた最適設計を実現できる。

[0043] 本発明の第17の形態によれば、前記各電極対の近傍に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を備えているので、例えば、燃料ガス、触媒、粉体等を前記被処理物流通路を通じて生成プラズマに接触させ、目的物の生成効率を調整できる。被処理物流通路は単にガスや液体などの流体を流通させるだけでなく、固体物を搬送する経路でもよい。従って、被処理物が、ガス、液体、固体のどのような形態を有していても、被処理物流通路を適宜に設計することによって、プラズマ処理を最適に実現することが可能になる。

[0044] 本発明の第18の形態によれば、前記第13の形態において、各電極対の集合体の中央部に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を設けたので、前記集合体によって束状に多量に出力されたプラズマ中に前記被処理物流通路を通じて前記被処理物を流通させることにより、効率よく生成プラズマに接触させ処理効率の向上を図ることができる。

前記第11～18の形態のプラズマ処理装置は、トナー、ガラス、セラミックス、金属、半導体、プラスチック、ゴム、エラストマーなどの固体物質の形状変換、球形化、面取り、表面粗面化、突起除去などに適用することができる。

[0045] 本発明の第19の形態によれば、前記第7～14のいずれかの形態のプラズマ処理装置を用い、被処理物をプラズマ処理して所定の目的物を製造することができる。例えば、プラズマ処理により、表面改質、濡れ性改善、クリーニング、エッチング、アッシング、塗装・印字・印刷前処理、コーティング・蒸着・塗布・成膜前処理、シール・封止・接合・接着前処理、耐酸化性強化、耐還元性強化、などの表面処理を受けた目的物を製造できる。更に、固体表面に、金属膜、導電性・絶縁性・半導体性セラミックス膜(酸化膜、窒化膜、炭化膜など:例えば、酸化アルミ膜、酸化シリコン膜、酸化亜鉛膜、ITO(インジウム・スズ酸化膜)、ATO(アンチモン・スズ酸化膜)、誘電体膜(チタ

ン酸バリウムなど)、圧電体膜(PZT、AlN、ZnO等)、磁性体膜、超電導体膜、ダイヤモンドライクカーボン膜(DLC、非晶質炭素膜、ダイヤモンド様炭素膜とも呼ばれる)、ポリマー・樹脂・プラスチック膜、フッ化膜などを形成された固体を目的物として提供できる。その他に、NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>などの排ガス処理、殺菌、滅菌、洗浄、脱臭、廃油処理、ダイオキシン等の汚染物処理、オゾン処理を受けた目的物を製造でき、またプラズマ処理により合成されたカーボンナノチューブ、カーボンナノコイル、カーボンナノツイスト、カーボンナノホーン、フラーレンなどの炭素系ナノ粒子や、酸化チタン、チタン酸バリウム、マンガン酸リチウム、コバルト酸リチウム、ニッケル酸リチウム、酸化亜鉛、酸化シリコンなどの機能性微粒子を目的物として製造することができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0046] [図1]本発明の一実施形態のプラズマ生成装置の概略構成図である。
- [図2]本発明におけるコンデンサの充放電状態を説明するための波形模式図である。
- [図3]本発明の別の実施形態のプラズマ生成装置の概略構成図である。
- [図4]図1又は図2の実施形態に使用する各電極対の一例を示す断面図である。
- [図5]図1又は図2の実施形態に使用する各電極対の他の例を示す断面図である。
- [図6]本発明にかかる複合プラズマ生成装置を示す断面図である。
- [図7]本発明にかかる粉体用プラズマ処理装置の全体構成を示す図である。
- [図8]図7の粉体用プラズマ処理装置におけるプラズマ生成装置の概略構成を示す図である。
- [図9]図7の粉体用プラズマ処理装置に使用可能なノズル部の取付状態を示す断面図である。
- [図10]図7の粉体用プラズマ処理装置のノズル部の配置状態を示す概略斜視図である。
- [図11]図7の粉体用プラズマ処理装置のノズル部の配置状態を示す概略平面図である。
- [図12]図7の粉体用プラズマ処理装置のノズル部の別の配置状態を示す概略平面図である。

[図13]本発明を適用したライン状プラズマ処理装置を示す図である。

[図14]本発明を適用した可動式プラズマ処理装置を示す図である。

[図15]真空放電(グロー状放電)の一例を示した電極配置図である。

[図16]誘電体放電(バリア放電)の一例を示した電極配置図である。

[図17]本発明の背景技術となるプラズマ生成装置の概略構成図である。

[図18]従来のプラズマ生成装置のプラズマ処理装置の概略構成図である。

### 符号の説明

[0047]	1	電極
	2	電極
	3	共通電極
	4	コンデンサ
	5	コイル
	6	コンデンサ
	7	コイル
	8	高周波トランス
	9	一次コイル
	10	二次コイル
	11	電源回路
	40	電極
	41	電極
	42	電極
	43	電極
	44	接地側電極
	46	接地側電極
	55	高周波トランス
	56	一次コイル
	57	二次コイル
	60	外周部

- 61 中心部
- 62 流体流通路
- 64 送流装置
- 65 線材
- 66 線材
- 67 箱体
- 70 電極対
- 71 電極
- 72 電極
- 80 粉体プラズマ処理部
- 81 材料吹込部
- 82 ノズル
- 83 エアー口
- 84 プラズマ生成部
- 85 プラズマ生成部
- 86a 電極
- 86b 接地側電極
- 86c ノズル部
- 86d ノズル部
- 87 下部ダクト
- 90 粉体回収部
- 93 ブロワ
- 100 電源回路
- 101 1次コイル
- 102 2次コイル
- 103 高周波トランス
- 104 電極
- 105 電極

- 106 被処理物
- 107 コンデンサ
- 110 コンデンサ
- 111 電極
- 112 共通電極
- 113 電極
- 114 コンデンサ
- 115 コンデンサ
- 200 電源回路
- 201 高周波トランス
- 202 一次側コイル
- 203 二次側コイル
- 300 プラズマ生成装置
- 301 ワーク
- 302 プラズマ照射域
- 400 プラズマ生成装置
- 401 移動駆動機構
- 402 制御装置
- 403 ワーク
- 500 第1電極
- 502 第2電極
- 504 プラズマ
- 506 誘電体

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0048] 以下に、本発明に係るプラズマ生成用電源回路、プラズマ生成装置及びプラズマ処理装置の実施形態を添付する図面に従って詳細に説明する。
- [0049] 図1は本実施形態のプラズマ生成装置の概略構成図である。このプラズマ生成装置は2対の電極を含み、接地側の共通電極3に対向する電極1、2を有する。各電極



1、2には、電源回路11と高周波トランス8からなる交番高電圧発生回路によって発生された交番高電圧が印加される。電源回路11は商用電源を約30kHzの高周波パルス電圧に変換するインバータ回路を含む。このインバータ回路による高周波パルス電圧は高周波トランス8の一次コイル9に導入され、約数千〜1万ボルトに昇圧され、二次コイル10より交番高電圧として出力される。二次コイル10の一方の出力側に電極1、2が共通接続され、他方の出力側は接地されている。電極1、2の共通接続点Bと各電極間にはそれぞれ、コンデンサ4及びコイル5からなるLC直列回路、コンデンサ6及びコイル7からなるLC直列回路が挿入されている。各コンデンサの電気容量(キャパシタンス)及び各コイルのインダクタンスの値は、高周波トランス8側からの印加電圧値や放電量、あるいは電極1、2と電極3間の空間容量等の条件を考慮して選択され、例えば各電気容量は100pF、各コイルの値は100mHに設定される。各コンデンサは各電極の放電開放端側に接続され、各コイルは共通接続点B側に接続されている。各電極1・2と共通電極3間で発生したプラズマに対して空気ブローを供給するときに用いるエアブロー発生装置12は各電極近傍に配設される。

[0050] 上記構成のプラズマ生成装置において、例えば、電極1と共通電極3間で放電が発生すると、電極1側のコンデンサ4の放電が起きる。このときの放電現象を図2の波形模式図の(A-1)に示す。コンデンサ4の充電電圧20は放電ポイントaから、図中21で示すように、急激に低下していく。このとき、共通接続点Bの手前に挿入されているコイル5によって、共通接続点Bでの電圧低下が抑制される。コンデンサ4の放電時における他方の電極2側のコンデンサ6の様子を図2の(A-2)に示す。放電時にコイル5によって共通接続点Bでの電圧低下が抑制される結果、コンデンサ6の充電電圧22は上記放電ポイントaからのコンデンサ4の放電中、図中23で示すように、若干低下するものの放電可能電位に保持され、図中24で示すように放電ポイントbで放電が起きる。したがって、電極1と共通電極3間での放電に引き続いて、電極2と共通電極3間での放電も誘発される。その後電圧が反転して、このような充放電を繰り返すことによって、電極1と共通電極3及び電極2と共通電極3による連続的なプラズマ生成が可能となる。なお、未使用時等における各コンデンサの残留電荷による感電防止用のバイパス抵抗をコンデンサ4及び6に対して並列接続してもよい。

- [0051] 以上のように、上記構成のプラズマ生成装置によれば、2つの電極対によるプラズマ生成を単一の交番高電圧発生回路を用いて円滑に行うことができる。したがって、多量のプラズマ生成に適したプラズマ生成装置を大型化させることなく、安価に構成することができる。
- [0052] 図3は4対の電極対を連設した複合プラズマ生成装置の概略構成図である。電源回路58の高周波パルス電圧は高周波トランス55の一次コイル56に導入され、昇圧電圧が二次コイル57より交番高電圧として出力される。二次コイル57の一方の出力側に4個の電極40〜43が共通接続され、他方の出力側は接地されている。電極40、43は、それぞれ接地側電極44、46と対向配置されている。電極41、42は接地側共通電極45と対向配置されている。各電極40〜43と二次コイル57との間にはそれぞれ、コンデンサ47及びコイル51、コンデンサ48及びコイル52、コンデンサ49及びコイル53、コンデンサ50及びコイル54からなるLC直列回路が挿入されている。
- [0053] 上記LC直列回路の挿入によって、図1の実施形態と同様に、プラズマを円滑に生成させることができる。例えば、電極40と接地側電極44間で放電が発生すると、電極40側のコンデンサ47の放電が起きる。このときの放電現象を図2の波形模式図の(B-1)に示す。コンデンサ47の充電電圧25は放電ポイントcから、図中26で示すように、急激に低下していく。このとき、コイル51によって電圧低下が抑制される。コンデンサ47の放電時における他方の一つの電極41側のコンデンサ48の様子を図2の(B-2)に示す。コイル52によって電圧低下が抑制される結果、コンデンサ48の充電電圧27は上記放電ポイントcからのコンデンサ47の放電中、図中28で示すように、若干低下するものの放電可能電位に保持され、図中29で示すように放電ポイントdで放電が起きる。したがって、電極40による放電に引き続いて、電極41での放電も誘発される。さらに同様に、電極42側のコンデンサ49においても図中30〜33に示す波形変化によって、放電ポイントdから若干遅れた放電ポイントeにおいて放電が起きる。また、同様に、電極43側のコンデンサ50においても図中34〜38に示す波形変化によって、放電ポイントeから若干遅れた放電ポイントfにおいて放電が起きる。このような充放電を繰り返すことによって、4対の電極対における放電が連鎖的に起き、プラズマ生成を円滑に行うことができる。

図1では2対の電極、図2では4対の電極の例を示したが、電極対は偶数個である必要は無く、また基本的に数の制限はない。更にまた、一つの電極に複数の電極が対応していてよい。例えば、図1では、2対の電極と云っても、2つの高電圧電極と一つの接地電極から構成されている。

[0054] 上記構成のプラズマ生成装置においては、4つの電極対によるプラズマ生成を電源回路58及び高周波トランス55からなる単一の交番高電圧発生回路を用いて円滑に行うことができ、4対の電極対を使用して多量のプラズマ生成に適したプラズマ生成装置を大型化させることなく、安価に構成することができる。しかも、二次コイル57側に電極40〜43を共通接続しているため二次コイル57側の電力供給構成を簡素化でき、コストダウンに一層寄与する。

[0055] 図4は図1又は図3の実施形態に使用する各電極対の具体的構成の一例を示す。図4の(A)は横断面形状を、同図の(B)は縦断面形状を示す。1対の電極は同軸円筒の外周部60と、中心部61に配設されている。外周部60と中心部61の各電極間に形成された円筒状の空間は空気流等の流体流通路62である。流体流通路62には空気や処理ガスなどが送流装置64によって導入される。流体は層流でも乱流でもよいが、層流化する場合には整流器を介して流体を導入する。この電極対の同軸状態によって、ノズル噴射形状を備えさせることができ、プラズマ生成装置における、ノズル型又はトーチ型のノズル部を構成することができる。放電は中心部61に配設された電極先端付近から生起され、外方に放射される。しかし、中心部61の中間部から放電するように構成してもよい。図1又は図3の複数の電極対の各電極対にこのノズル部を適用して各ノズル部を所定形態で併設することによって、プラズマ生成範囲を拡大したり、又は所望のプラズマ生成範囲を形成することができる。

[0056] 図5は図1又は図3の実施形態に使用可能な電極対の具体的構成の別の例を示す。図5の(A)は横断面形状を、同図の(B)は縦断面形状を示す。1対の電極は互いに対向配置され、先端側で拡幅された線材65、66からなり、上下開放された絶縁性箱体67に収納されている。箱体67の中空部は、空気流等の流体流通路62となり、送流装置64によって空気や処理ガスなどが導入される。電極対の線材65、66は互いの間隔が箱体67内部で狭くなっており、その幅狭部分68が放電開始個所にな

る。生成されたプラズマは送流装置64からの流体ブローを受けて先端出口から平面的に放射される。このように構成された平面型のノズル部を図1又は図3の複数の電極対の各電極対に適用し、各ノズル部を所定形態で併設することによって、プラズマ生成範囲を拡大したり、又は所望のプラズマ生成範囲を形成することができる。

[0057] 図6は本発明にかかる複数の電極対を備えた複合プラズマ生成装置の具体的形状例を示す。図6の(A)及び(B)は、図4の同軸状ノズル形状の電極対70を7個束ねて集合させて電極対の集合体を形成した実施形態を示す。各電極対70は円筒状外周部の電極71と中心部の電極72からなり、7対の電極対はそれぞれ、図1又は図3の実施形態と同様にして、各電極対の一方の電極側と電源用トランスとの間にLC直列回路を挿入した構成にすることによって、前述のように、LC直列回路の電圧低下抑制作用により円滑にプラズマ生成を行うことができる。したがって、かかる電極対の集合体により強力なプラズマ照射能力を備えたプラズマ生成装置を提供することができる。図6の(C)及び(D)は図4の同軸状ノズル形状の電極対70を6個束ねて集合させて電極対の集合体を形成し、その中心部に空気や被処理物等の流体供給路73を設けた実施形態を示す。この場合、かかる電極対の集合体により強力なプラズマ照射能力を備えるとともに、流体供給路73を介して流体又は被処理物の供給により処理用途を拡大できるプラズマ生成装置を提供することができる。

[0058] 次に、本発明をトナー材等の粉体のプラズマ表面処理に適用したプラズマ表面処理装置の実施形態を説明する。

図7は、本発明にかかる粉体用プラズマ処理装置の全体構成を示す図である。この粉体用プラズマ処理装置は、粉体プラズマ処理部80と粉体回収部90からなる。被処理用粉体材は材料吹込部81に投入され、エアーク83からのエアーク供給を受けて粉体プラズマ処理部80の上部にノズル82より導入される。導入された被処理用粉体材は粉体プラズマ処理部80を落下しながらプラズマ表面処理を受けた後、粉体プラズマ処理部80の下部ダクト87を経て粉体回収部90の回収槽91に向け、粉体回収部90上部からのブロー93による排気作用を受けて運ばれていく。粉体プラズマ処理部80においてプラズマ処理された粉体は回収口88から粉体回収部90上部に導入され、ブロー93によって不要ガス等が排気されながら、回収槽91に落下し回収され

る。ポンプ93の吸入口手前にはヘパフィルタ装置92が配置されている。粉体プラズマ処理部80の処理部80aには上下に2層のプラズマ生成部84、85が設けられている。各プラズマ生成部84、85には図4で示したノズル型でかつ円筒形状のプラズマ生成装置を6個設置する導入口86が設けられている。図10及び図11に示すように、上層のプラズマ生成装置の6個のノズル部86cと下層のプラズマ生成装置の6個のノズル部86dが平面視交互に、かつ放射状に均一に対向配置され、粉体プラズマ処理部80の槽内で均一に照射できるプラズマ処理領域を立体的に形成している。粉体プラズマ処理部80にはプラズマ流を下方に向けて発生させるキャリアガス供給機構(図示せず)が設けられている。このキャリアガスとしては、He、Ar、N<sub>2</sub>などの不活性ガスが好適であるが、空気でも良く、プラズマ処理に影響の無いガスが選ばれる。大気中でこのプラズマ処理を行う場合には、キャリアガスとして空気が最も単純である。このプラズマ表面処理装置を使用例として、例えば、トナー原材料を粉体プラズマ処理部80に搬入すると、各プラズマ生成部84、85によって生成されたプラズマ中を落下し通過していくことによってトナー原材料の微細球形化処理を施すことができる。

[0059] 図8は図7の粉体用プラズマ処理装置におけるプラズマ生成用電源回路およびプラズマ生成装置の概略構成を示す図である。もちろん、この概略構成は粉体用プラズマ処理装置だけでなく、様々な用途に利用可能である。この構成では、高周波トランスの二次側コイル(巻線)が複数個あり、それぞれのコイル(巻線)に複数個の電極対が接続されている。つまり、この構成では、 $n$ 個の二次側コイル(巻線)とそれに接続されるそれぞれ $m$ 個の電極対により、 $n \times m$ 個のプラズマの発生が可能である。そのため、プラズマの大面积化・大体積化が可能となる。図8では、 $n=6$ 、 $m=2$ であるが、これらの数値の制限はない。

[0060] 図9は、この粉体用プラズマ処理装置に使用可能なノズル部の取付状態を示す断面図である。図10は、前記粉体用プラズマ処理装置のノズル部の配置状態を示す概略斜視図である。図11は、前記粉体用プラズマ処理装置のノズル部の配置状態を示す概略平面図である。また、図12は、前記粉体用プラズマ処理装置のノズル部の別の配置状態を示す概略平面図である。

[0061] 図8ー図12では、各プラズマ生成部84、85のそれぞれ設置された上層のノズル部

86cと下層のノズル部86dからなる粉体用プラズマ生成装置の概略構成が示されている。上層のノズル部86cと下層のノズル部86dはそれぞれ電源トランス側電極86aと接地側電極86bの電極対からなる。電源回路200と、電源回路200と一次側コイル202で接続された高周波トランス201からなる交番高電圧発生回路によって発生された交番高電圧が各電極86aに印加される。また、図1又は図3の実施形態と同様に、各電極86aには高周波トランス201の二次側コイル203との間にコンデンサC1とコイルL1からなるLC直列回路が挿入されている。

[0062] 上記構成の粉体プラズマ処理装置は合計12個の電極対を備えているが、上記各電極86a側にコンデンサC1とコイルL1からなるLC直列回路を挿入することによって、図1又は図3の実施形態と同様に、円滑に各電極対における放電を発生させ、多量のプラズマを粉体プラズマ処理部80内部に生成させることができる。したがって、電源回路200と高周波トランス201からなる交番高電圧発生回路の共用によって、安価にかつ高出力のプラズマによる表面処理を行えるプラズマ表面処理装置を実現することができる。しかも、2層に分けた各プラズマ生成部84、85を粉体プラズマ処理部80内に設置でき、粉体処理容量の拡大を図ることができる。なお、図10及び図11に示したように、上層のノズル部86cと下層のノズル部86dはそれぞれ互いに対向配置されているが、図12に示すように、螺旋状にプラズマ放射されるように各ノズル部86c、86dを配置すれば、粉体プラズマ処理部80内に渦流状のプラズマ旋回流を形成することができ、攪拌効果や均一照射に適したプラズマ表面処理を行うことができる。また、図9に示すように、各ノズル部の向きを変更可能に支持すれば、図10及び図11の対向照射又は図12の螺旋状照射形態に自在に変更可能にでき、多くの用途に対応可能となる。図9に示すように、各ノズル部86c、86dのプラズマ出力部近傍にリンクボール80cを嵌着し、粉体プラズマ処理部80内壁部80bに取り付けたボール受部80dに取り付けることによって、リンクボール80cを中心に約50°の角度で方向変更自在に設置できる。リンクボール80cに代えてユニバーサルジョイント部材を使用しても同様に方向自在構造を得ることができる。

[0063] さらに、表面的処理に適した本発明の実施形態を説明する。

図13は被処理物(ワーク)に対してライン状にプラズマを照射するライン状プラズマ

表面処理装置を示す。図13の(A)は要部の外観斜視図である。各プラズマ生成装置300は例えば、図4又は図5のプラズマ生成装置であり、このライン状プラズマ表面処理装置は複数のプラズマ生成装置300を1列に並設したものを2列、互いにワーク301の移動方向に照射プラズマが密になるように少し変位させて配置している。これによって、同図の(B)に示すように、各列のプラズマ照射域302がワーク301の移動方向に対して互いに重なり合っているため、その移動方向に照射ムラがなく均一にプラズマ処理することができる。ワーク301を移動させずに、ライン状プラズマ表面処理装置全体を所定方向に移動させてもよく、相対的にいずれかが移動すればよい。なお、複数のプラズマ生成装置300は図1、図3又は図7の実施形態と同様に、各電極対に印加する交番高電圧の交番高電圧発生回路を共用する構成にあり、低コストに構成し、またプラズマ表面処理コストの低減に寄与する。

[0064] 図14は凹凸の激しい物質や曲面等の起伏のあるワーク表面にプラズマ照射する場合に適した本発明の実施形態を示す。この実施形態は、図13の場合と比較して、併設した複数のプラズマ生成装置400を個々独立して上下及び左右に移動可能にした可動式プラズマ処理装置である。各プラズマ生成装置400は制御装置402による制御下で駆動される移動駆動機構401によって上下又は左右に移動可能である。C CDカメラ、反射型赤外センサ、触針センサ等のワーク403の表面検知装置(図示せず)によってワーク表面が観察され、その検知情報が制御装置402に供給されることにより、制御装置402がワーク表面に対する最適な照射間隔と位置を判別し、各プラズマ生成装置400を移動させるので、平坦でない表面のワークに対するプラズマ表面処理を高精度に行うことができる。しかも、図13の実施形態と同様に、複数のプラズマ生成装置400は各電極対に印加する交番高電圧の交番高電圧発生回路を共用する構成にあり、低コストに構成し、またプラズマ表面処理コストの低減に寄与する。

[0065] 本発明におけるプラズマ処理装置は、トナー、ガラス、セラミックス、金属、半導体、プラスチック、ゴム、エラストマーなどの固体物質の形状変換、球形化、面取り、表面粗面化、突起除去などに適用することができる。

[0066] また、本発明におけるプラズマ処理装置は、表面改質、濡れ性改善、クリーニング、

エッチング、アッシング、塗装・印字・印刷前処理、コーティング・蒸着・塗布・成膜前処理、シール・封止・接合・接着前処理、耐酸化性強化、耐還元性強化、などの表面処理を受けた目的物を製造できる。更に、固体表面に、金属膜、導電性・絶縁性・半導体性セラミックス膜(酸化膜、窒化膜、炭化膜など:例えば、酸化アルミ膜、酸化シリコン膜、酸化亜鉛膜、ITO(インジウム・スズ酸化膜)、ATO(アンチモン・スズ酸化膜)、誘電体膜(チタン酸バリウムなど)、圧電体膜(PZT、AlN、ZnO等)、磁性体膜、超電導体膜、ダイヤモンドライクカーボン膜(DLC、非晶質炭素膜、ダイヤモンド様炭素膜とも呼ばれる)、ポリマー・樹脂・プラスチック膜、フッ化膜などを形成された固体を目的物として提供できる。その他に、NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>などの排ガス処理、殺菌、滅菌、洗浄、脱臭、廃油処理、ダイオキシン等の汚染物処理、オゾン処理を受けた目的物を製造でき、またプラズマ処理により合成されたカーボンナノチューブ、カーボンナノコイル、カーボンナノツイスト、カーボンナノホーン、フラーレンなどの炭素系ナノ粒子や、酸化チタン、チタン酸バリウム、マンガン酸リチウム、コバルト酸リチウム、ニッケル酸リチウム、酸化亜鉛、酸化シリコンなどの機能性微粒子を目的物として製造することができる。

[0067] 以上のプラズマ装置は、大気圧のパルスアーク(一般にはグライディングアークと呼ばれる)放電を生成するための装置として述べたが、本発明における電源回路を、電極間に誘電体を挿入して放電するバリア放電(誘電体放電、サイレント放電とも呼ばれる)および真空放電にも利用でき、それらを用いた表面処理・排ガス処理など様々な応用に使用できることは云うまでもない。例えば、バリア放電の場合、接地電極に対し、高圧電極を複数個設けた放電装置を一台の電源で発生できる。また、真空放電の場合でも、真空装置を一つの接地陽極とし、真空容器内に複数の高圧電極を配置することで、大体積のグロー放電が発生でき、大型の被処理物の処理や大面積基板の処理などに利用可能である。

[0068] 図15は真空放電(グロー状放電)の一例を示した電極配置図である。真空容器は第2電極502を構成し、この第2電極502の中に複数のロッド状の第1電極500が同軸状に配置されている。従って、グロー放電により容器内全体に広がる大容積のプラズマ504が形成される。



- [0069] 図16は誘電体放電(バリア放電)の一例を示した電極配置図である。大面積の第2電極502と、これに対向する多数の小面積の第1電極500が配置されている。第1電極500と第2電極502の対向面側には誘電体506、506が配置され、この隙間にバリア放電が生起する。従って、バリア放電により大面積のプラズマ504が形成される。
- [0070] 本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例及び設計変更をその技術的範囲内に包含するものであることは云うまでもない。

### 産業上の利用可能性

- [0071] 本発明の第1形態及び第4形態を用いると、2以上の第1電極と1以上の第2電極からなる放電発生用電極に対して前記交番高電圧発生回路を共用し、装置を大型化させることなく、多量の生成プラズマを円滑に得ることができるプラズマ生成用電源回路及びプラズマ生成装置を安価に実現できる。
- [0072] 本発明の第2形態及び第5形態を用いると、交番高電圧発生回路に高周波トランスを用い、1個の2次側コイルで複数の第1電極を同時放電させることができ、装置を大型化させることなく、複数の電極対による多量の生成プラズマを円滑に得ることができるプラズマ生成用電源回路及びプラズマ生成装置を安価に実現できる。
- [0073] 本発明の第3形態及び第6形態を用いると、前記第1の形態又は第2の形態において、 $n$ (整数)対の放電が可能であり、かつ二次側コイル(巻線)が $m$ (整数)個の場合、 $n \times m$ 個のプラズマが生成可能となり、電源装置の小型化・コストダウンが実現できる。
- [0074] 本発明の第7の形態を用いると、前記第1又は第2の形態において、ノズル形状のプラズマ出力部を複数備え、多量のプラズマ照射が可能な複合プラズマ生成装置を前記交番高電圧発生回路の共用によって、装置を大型化させることなく実現することができる。
- [0075] 本発明の第8の形態を用いると、例えば、プラズマを平面状に拡散出力させる出力部を複数備え、多量のプラズマ照射が可能な複合プラズマ生成装置を前記交番高電圧発生回路の共用によって、装置を大型化させることなく実現することができる。
- [0076] 本発明の第9の形態を用いると、前記流体供給手段によって、例えば空気流を発

生させ、前記プラズマの生成領域に流すことによって被処理物に吹き付け、生成プラズマを効率よく利用することができる。

[0077] 本発明の第10の形態を用いると、例えばライン状にプラズマを出力させる出力部を複数備えることができ、ライン状にプラズマ照射が可能な複合プラズマ生成装置を実現することができる。

[0078] 本発明の第11の形態を用いると、複数の電極対から同時放射される大量のプラズマを被処理物に照射でき、被処理物の形状や量に応じて効率よくプラズマ処理することが可能になる。この処理には、被処理物から目的物質を生成したり、被処理物の表面処理、殺菌、消毒、洗浄、改質、濡れ性改善、切断等の広範囲の処理が含まれる。

[0079] 本発明の第12の形態を用いると、前記各電極対による生成プラズマからなるプラズマ処理領域に被処理物を導入したとき、より多くの生成プラズマを一度に照射でき、処理能力の向上を図ることができる。例えば、複数の電極対を放射状に配置して、プラズマを中心領域に照射すれば、中心領域のプラズマ密度が急激に増大し、このプラズマ中に被処理物となる原料ガスを導入すると、目的粉体を効率よく生成できる。また、この中心領域に任意形状の被処理物を通過させれば、被処理物の周囲表面を同時的にプラズマ処理でき、表面の成膜や改質などの処理が効率的に実行される。

[0080] 本発明の第13の形態を用いると、前記各電極対による生成プラズマからなるプラズマ処理領域を立体的に拡大したプラズマ処理装置を実現することができる。この螺旋状には、各電極対から放射されるプラズマを中心点から偏心させる場合を含み、この場合にはプラズマ流がプラズマ処理領域を旋回し、原料ガスなどの被処理物を均一に処理することが可能になる。また、偏心させた状態で、プラズマを斜め上方に放射すれば、前記プラズマ旋回流が螺旋状に上昇し、プラズマ処理領域の大容量化を実現でき、被処理物の大量処理が可能になる。

[0081] 本発明の第14の形態を用いると、集合体によって多量のプラズマを束状に出力可能なプラズマ処理装置を実現できる。即ち、電極対を筒状電極対に構成すれば、各電極対から放射されるプラズマジェットが束状になり、大プラズマジェット流を放射で

き、この大面積プラズマジェット流により被処理物を処理すれば、被処理物の形状や量に応じてプラズマ処理の効率化を図ることができる。筒状電極で無い場合には、電極対を重ねたり、放射状配置したり、これらを複数段束ねることにより、大容量プラズマ流を形成でき、この大容量プラズマ流により被処理物の効率処理が実現できる。

[0082] 本発明の第15の形態を用いると、被処理物に対する処理効率を照射間隔を調整することにより自在に調整できる。被処理物が原料ガスなら、原料ガスに対するプラズマ照射効率を調整し、目的物の製造効率を最適調整できる。また、被処理物が固体物なら、固体物の表面処理を調整でき、例えば成膜効率を増大することが可能となる。

[0083] 本発明の第16の形態を用いると、電極対から放射されるプラズマの被処理物に対する照射方向を自在に制御調整できる。例えば、筒状反応部に電極を放射状に配設した場合、プラズマの照射方向を自在に変えることにより、筒状反応部に送流される原料ガスに対し、目的粉体を生成する反応効率を最適調整することが可能になる。また、被処理物が固体物なら、固体物表面の処理状態を可変でき、プラズマ処理の目的に応じた最適設計を実現できる。

[0084] 本発明の第17の形態を用いると、例えば、燃料ガス、触媒、粉体等を前記被処理物流通路を通じて生成プラズマに接触させ、目的物の生成効率を調整できる。被処理物流通路は単にガスや液体などの流体を流通させるだけでなく、固体物を搬送する経路でもよい。従って、被処理物が、ガス、液体、固体のどのような形態を有していても、被処理物流通路を適宜に設計することによって、プラズマ処理を最適に実現することが可能になる。

[0085] 本発明の第18の形態を用いると、前記集合体によって束状に多量に出力されたプラズマ中に前記被処理物流通路を通じて前記被処理物を流通させることにより、効率よく生成プラズマに接触させ処理効率の向上を図ることができる。

前記第11～18形態のプラズマ処理装置は、トナー、ガラス、セラミックス、金属、半導体、プラスチック、ゴム、エラストマーなどの固体物質の形状変換、球形化、面取り、表面粗面化、突起除去などに適用することができる。

[0086] 本発明の第19の形態を用いると、前記第7～14のいずれかの形態のプラズマ処理

装置を用い、被処理物をプラズマ処理して所定の目的物を製造することができる。例えば、プラズマ処理により、表面改質、濡れ性改善、クリーニング、エッチング、アッシング、塗装・印字・印刷前処理、コーティング・蒸着・塗布・成膜前処理、シール・封止・接合・接着前処理、耐酸化性強化、耐還元性強化、などの表面処理を受けた目的物を製造できる。更に、固体表面に、金属膜、導電性・絶縁性・半導体性セラミックス膜(酸化膜、窒化膜、炭化膜など:例えば、酸化アルミ膜、酸化シリコン膜、酸化亜鉛膜、ITO(インジウム・スズ酸化膜)、ATO(アンチモン・スズ酸化膜)、誘電体膜(チタン酸バリウムなど)、圧電体膜(PZT、AlN、ZnO等)、磁性体膜、超電導体膜、ダイヤモンドライクカーボン膜(DLC、非晶質炭素膜、ダイヤモンド様炭素膜とも呼ばれる)、ポリマー・樹脂・プラスチック膜、フッ化膜などを形成された固体を目的物として提供できる。その他に、NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>などの排ガス処理、殺菌、滅菌、洗浄、脱臭、廃油処理、ダイオキシン等の汚染物処理、オゾン処理を受けた目的物を製造でき、またプラズマ処理により合成されたカーボンナノチューブ、カーボンナノコイル、カーボンナノツイスト、カーボンナノホーン、フラーレンなどの炭素系ナノ粒子や、酸化チタン、チタン酸バリウム、マンガン酸リチウム、コバルト酸リチウム、ニッケル酸リチウム、酸化亜鉛、酸化シリコンなどの機能性微粒子を目的物として製造することができる。

### 請求の範囲

- [1] 第1電極と第2電極とからなる放電発生用電極に交番高電圧を印加することによって放電を前記電極間に発生させてプラズマを生成するプラズマ生成用電源回路であって、2個以上の第1電極と1個以上の第2電極とからなる放電発生用電極と、前記放電発生用電極の第1電極と第2電極間に印加する交番高電圧を発生させる交番高電圧発生回路と、この交番高電圧発生回路の一方の出力と前記第1電極との間に、コンデンサ(キャパシタ)とコイル(インダクタ)とを直列接続したことを特徴とするプラズマ生成用電源回路。
- [2] 前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側コイルの一端側から2つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなる請求項1に記載のプラズマ生成用電源回路。
- [3] 前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側に複数の二次側コイルを設け、この各二次側コイルの一端側から1つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなる請求項1に記載のプラズマ生成用電源回路。
- [4] 第1電極と第2電極とからなる放電発生用電極に交番高電圧を印加することによって放電を前記電極間に発生させてプラズマを生成するプラズマ生成装置であって、2個以上の第1電極と1個以上の第2電極とからなる放電発生用電極と、前記放電発生用電極の第1電極と第2電極間に印加する交番高電圧を発生させる交番高電圧発生回路と、この交番高電圧発生回路の一方の出力と前記第1電極との間に、コンデンサ(キャパシタ)とコイル(インダクタ)とを直列接続したことを特徴とするプラズマ生成装置。
- [5] 前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側コイルの一端側から2つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二

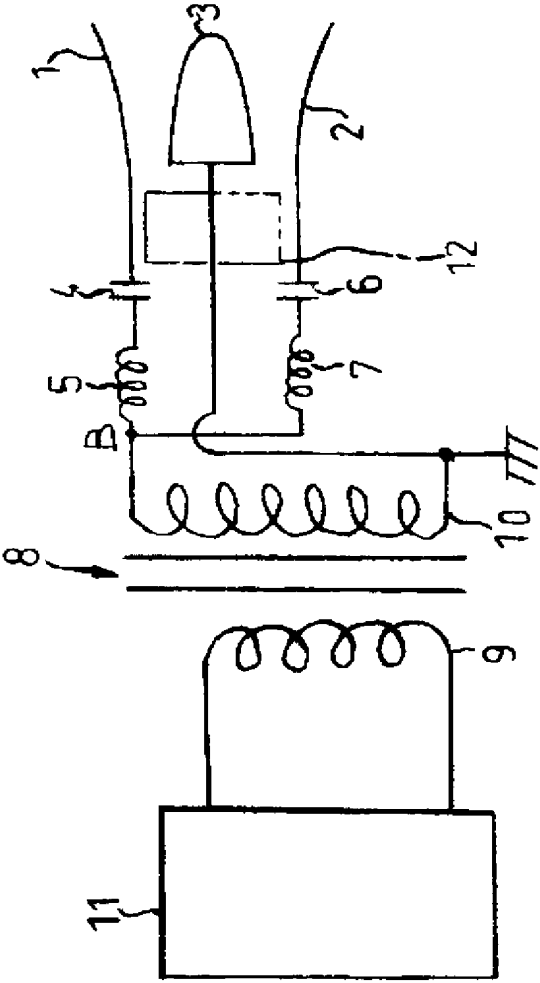
次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなる請求項4に記載のプラズマ生成装置。

- [6] 前記交番高電圧発生回路が高周波トランスからなり、前記高周波トランスの二次側に複数の二次側コイルを設け、この各二次側コイルの一端側から1つ以上の出力回路を並列分岐させて第1電極に接続し、前記各出力回路は前記コンデンサと前記コイルとを直列接続して構成され、かつ前記二次側コイルの他端側に前記第2電極を接続してなる請求項4に記載のプラズマ生成装置。
- [7] 前記第1電極又は第2電極の一方の電極が他方の電極周囲を取り囲む形状を備え、かつその先端部を、前記電極間で発生したプラズマを出力するノズル形状とした請求項4、5又は6に記載のプラズマ生成装置。
- [8] 前記第1電極と第2電極が対向し、前記電極間で発生したプラズマをその開放端側で出力するようにした請求項4、5又は6に記載のプラズマ生成装置。
- [9] 前記電極間で発生したプラズマの生成領域に流体を供給する流体供給手段を備えた請求項4～8のいずれかに記載のプラズマ生成装置。
- [10] 前記各電極対を所定方向に配設した請求項4～9のいずれかに記載のプラズマ生成装置。
- [11] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射することを特徴とするプラズマ処理装置。
- [12] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、前記各電極間に生成されたプラズマの出力方向が対向するように前記各電極を配置したことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [13] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間に生成されたプラズマの出力位置が螺旋状に変位するように前記各電極を配置したことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [14] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間に生

成されたプラズマの出力部が束状に集合された前記電極の集合体を形成してなることを特徴とするプラズマ処理装置。

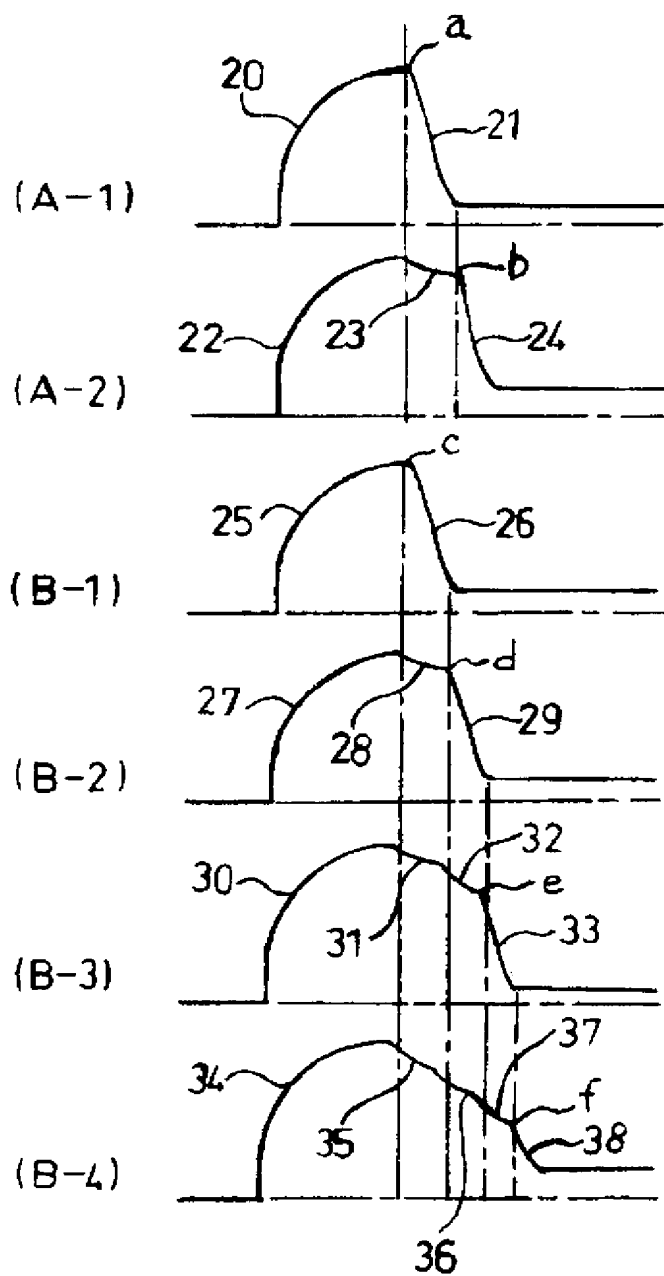
- [15] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間から放射されるプラズマの前記被処理物に対する照射間隔を制御する制御手段を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [16] 請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ生成装置を用い、前記各電極間に生成されたプラズマを被処理物に照射するプラズマ処理装置であって、各電極間から放射されるプラズマの前記被処理物に対する照射方向を制御する制御手段を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [17] 前記各電極の近傍に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を備えた請求項11～14のいずれかに記載のプラズマ処理装置。
- [18] 前記各電極の集合体の中央部に前記被処理物を流通させる被処理物流通路を設けた請求項14に記載のプラズマ処理装置。
- [19] 請求項11～18のいずれかに記載のプラズマ処理装置を用いて被処理物をプラズマ処理することにより製造されることを特徴とする目的物。

[図1]

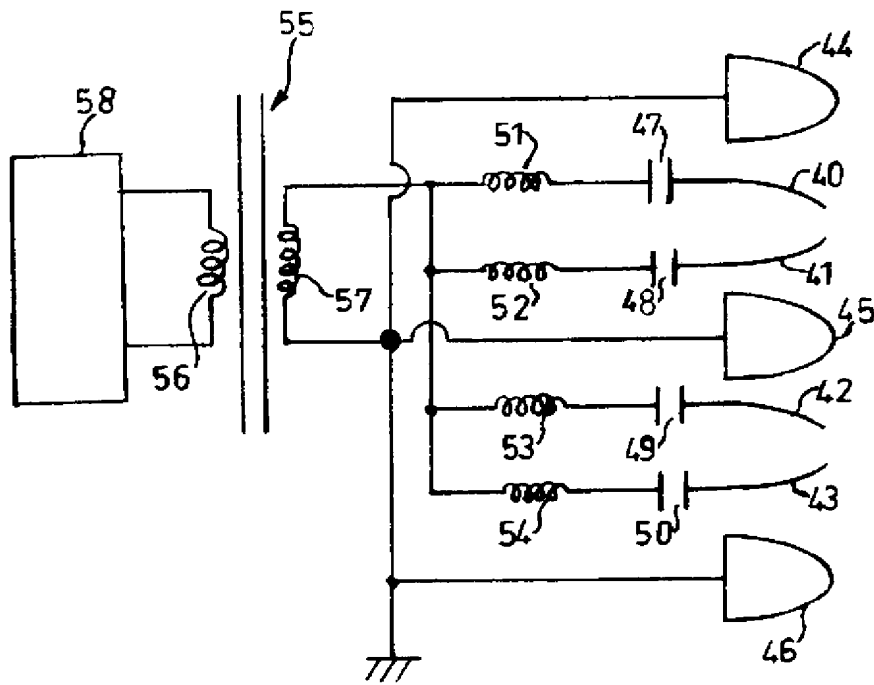




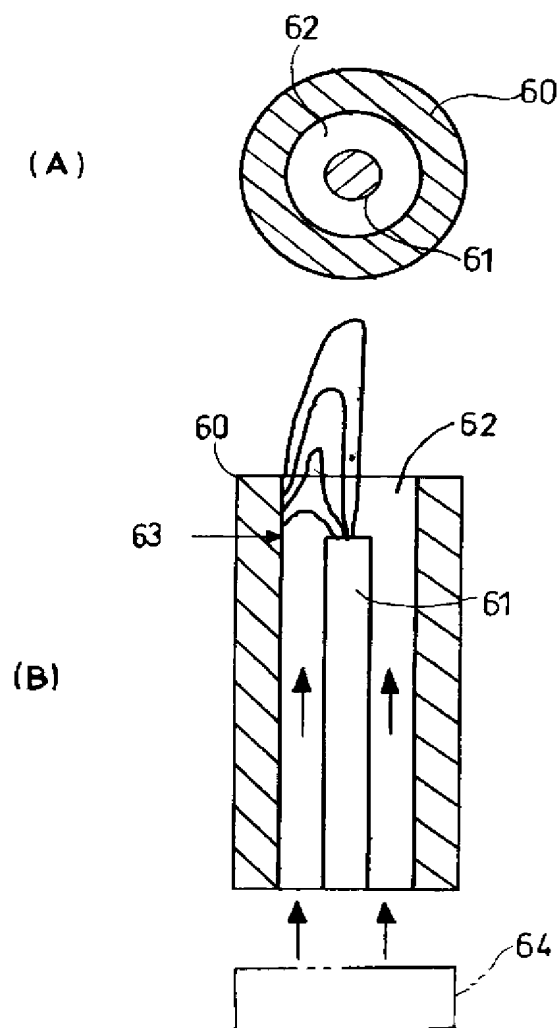
[図2]



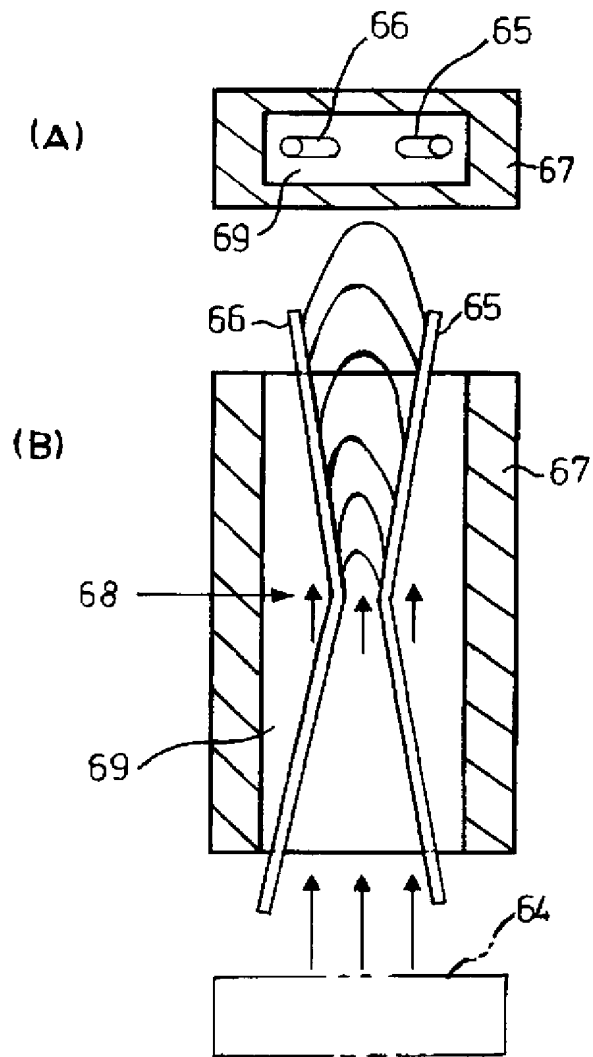
[図3]



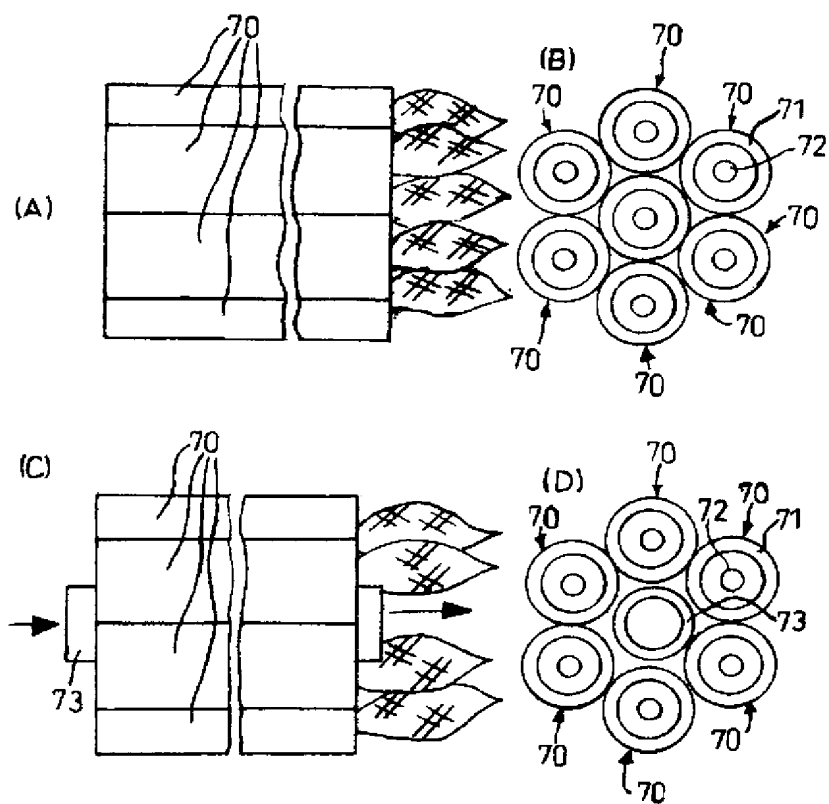
[図4]



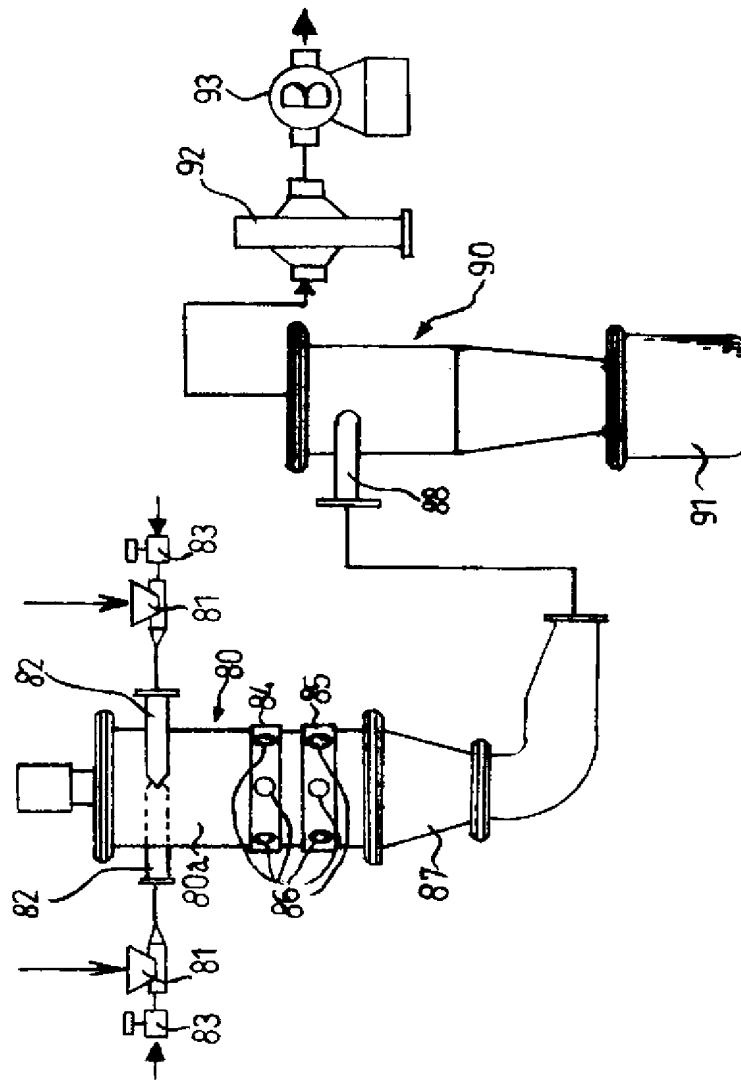
[図5]



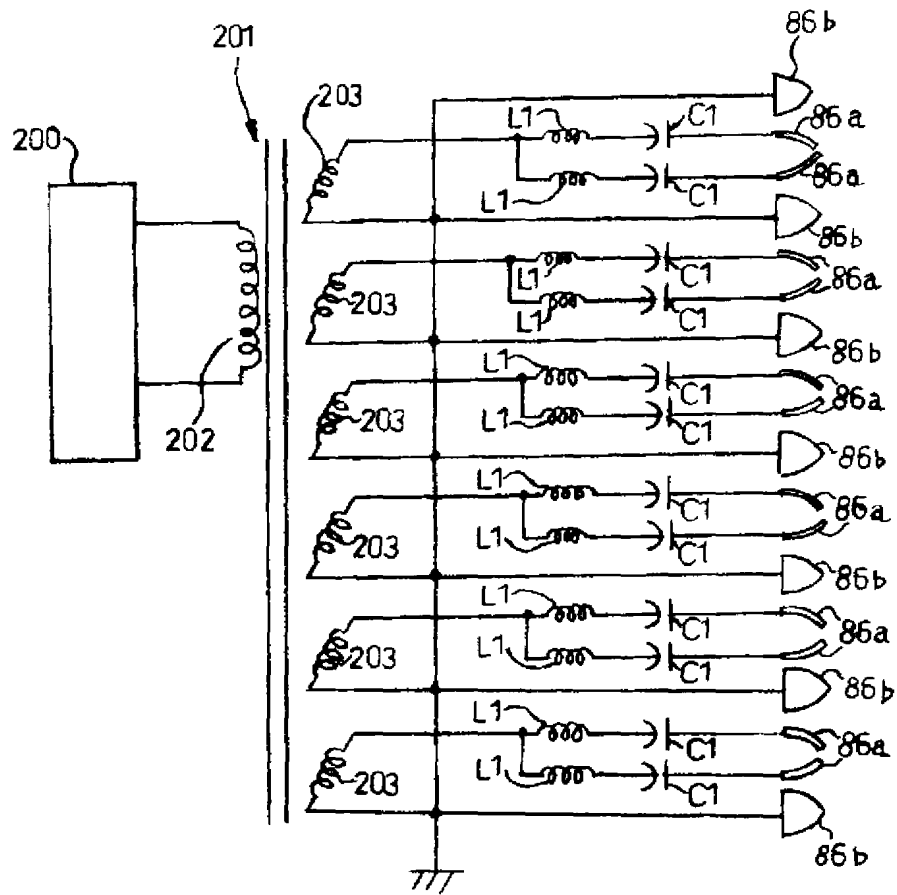
[図6]



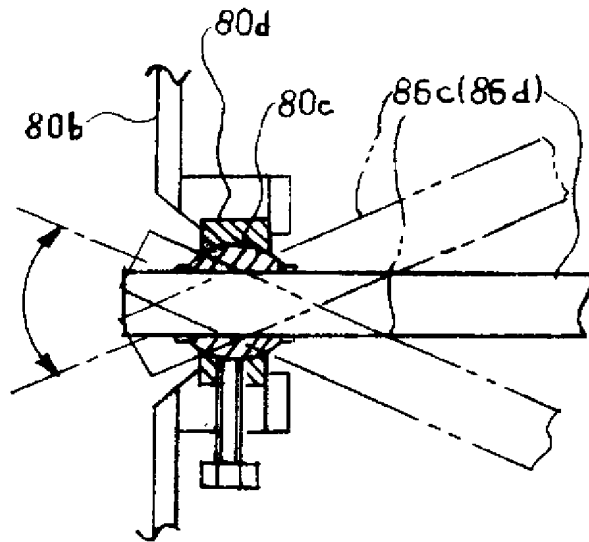
[図7]



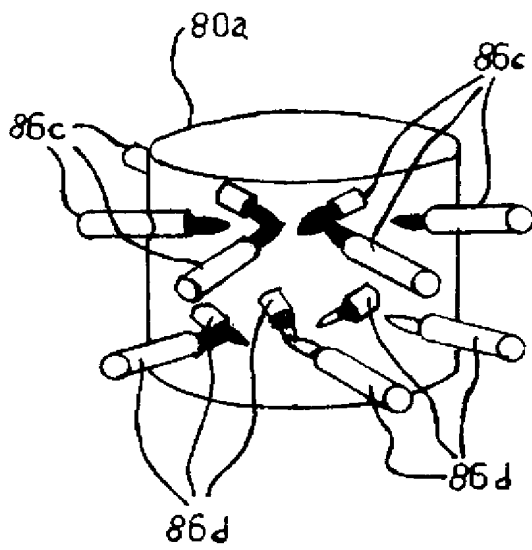
[図8]



[図9]

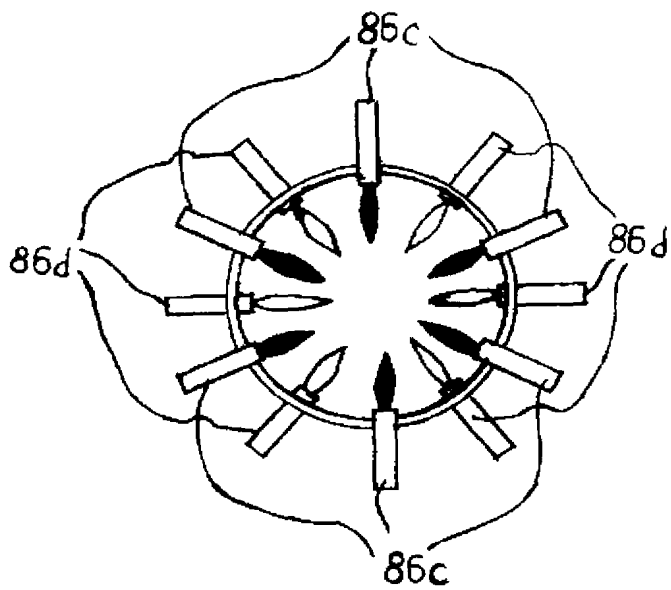


[図10]

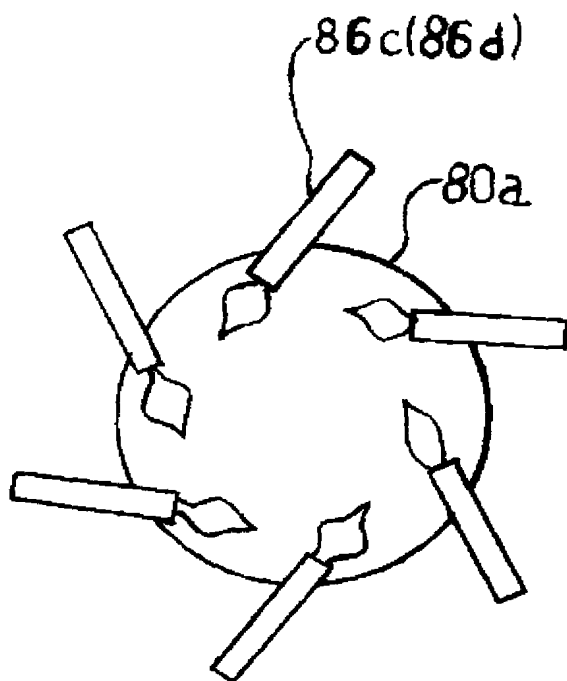




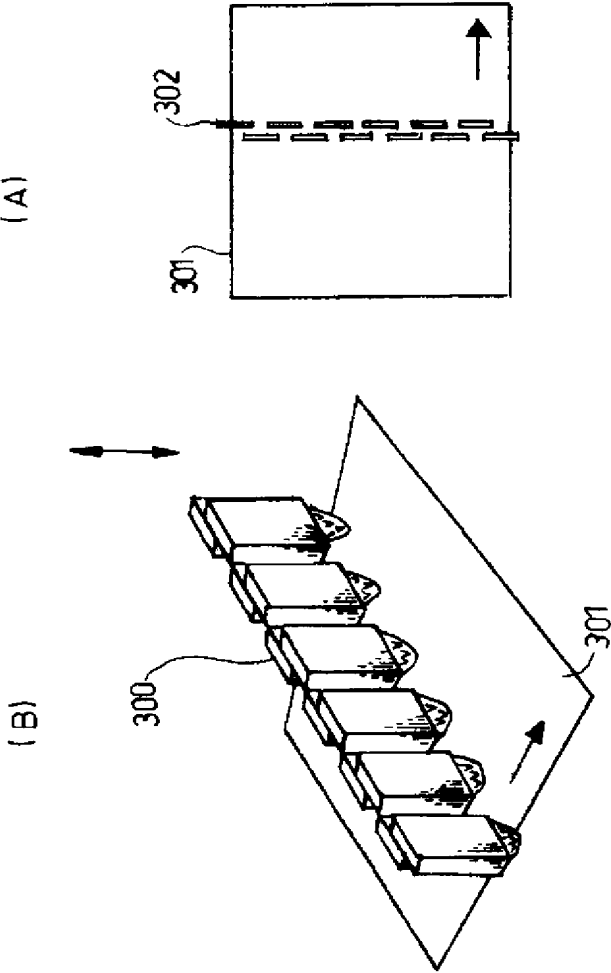
[図11]



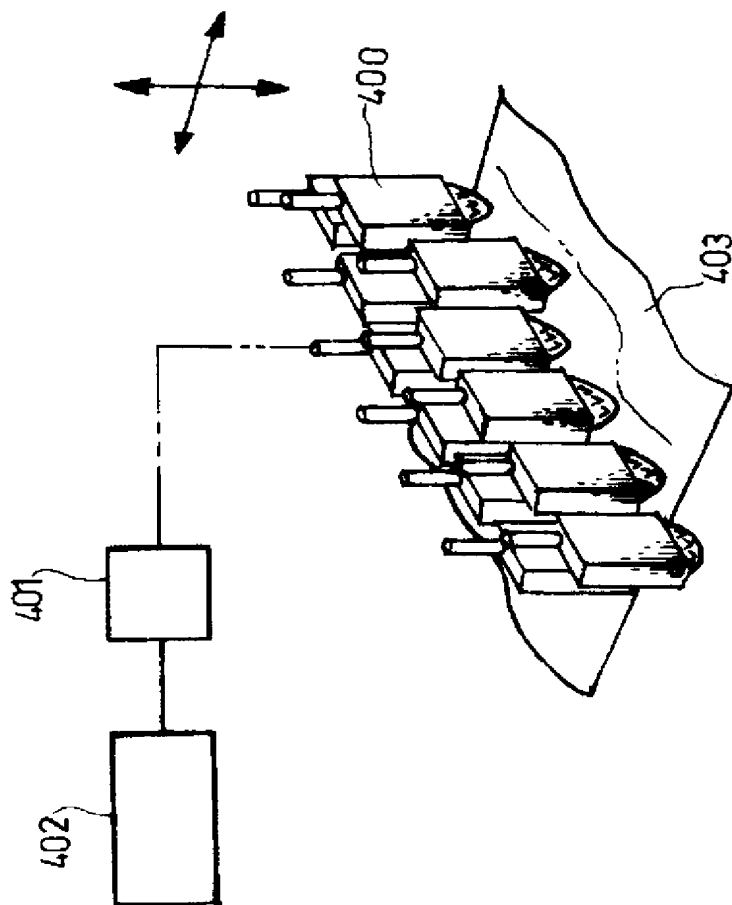
[図12]



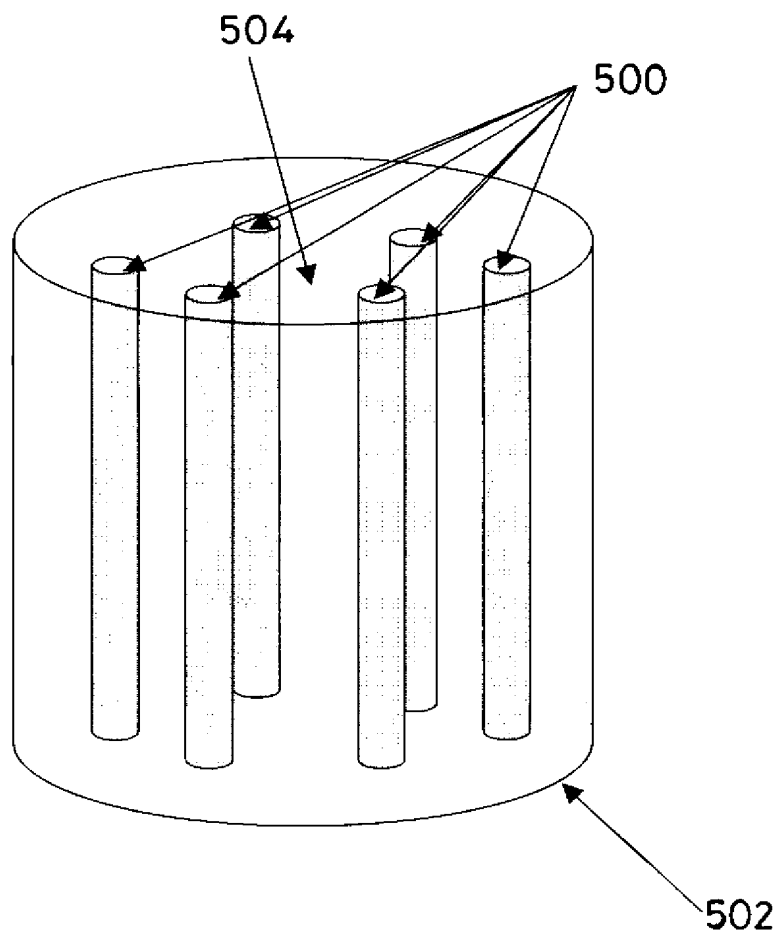
[図13]



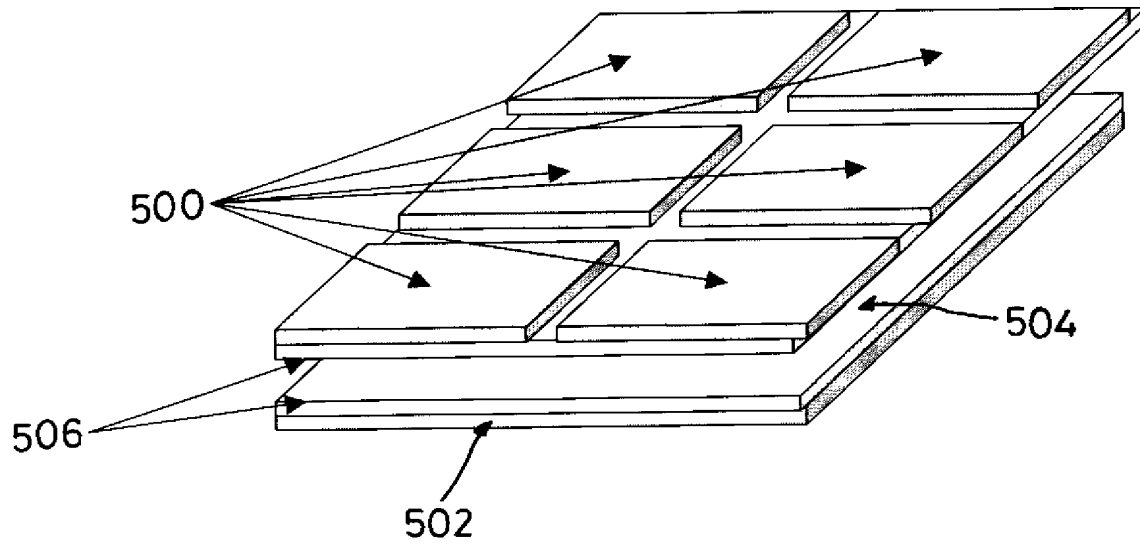
[図14]



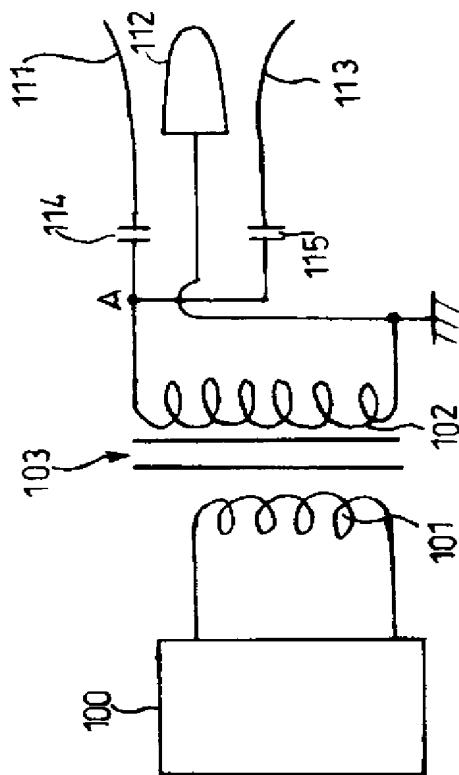
[図15]



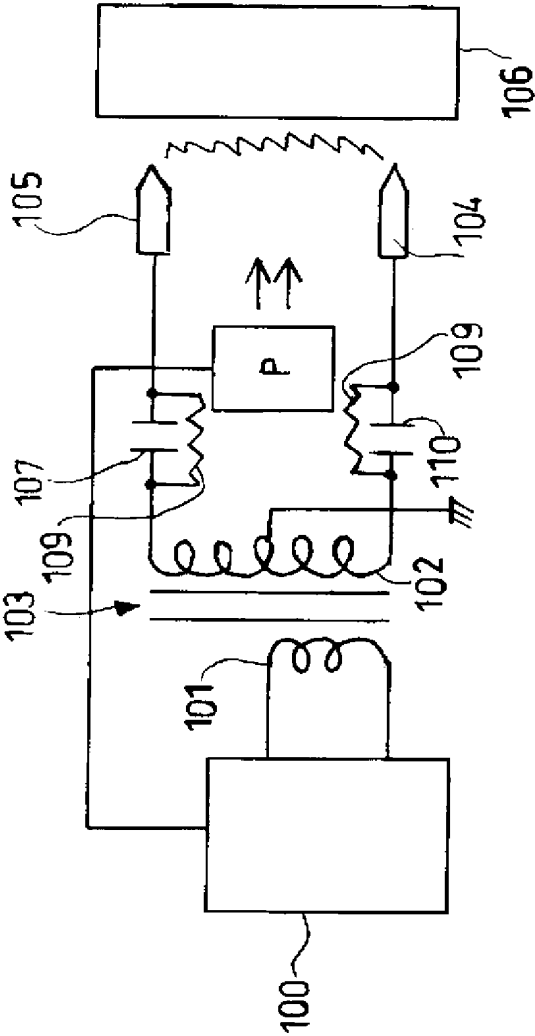
[図16]



[図17]



[図18]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002479

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H05H1/46, H01L21/304, H05H1/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H05H1/46, H01L21/304, H05H1/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-59198 A (Softal Electronic GmbH.), 09 March, 1993 (09.03.93), Par. Nos. [0009] to [0012], [0021] to [0029]; Figs. 10, 13 & EP 497996 B1	1-19
Y	JP 2001-35693 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 February, 2001 (09.02.01), Par. No. [0050]; Fig. 7 (Family: none)	1-19
Y	JP 60-262972 A (Ricoh Co., Ltd.), 26 December, 1985 (26.12.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 May, 2005 (13.05.05)

Date of mailing of the international search report  
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/002479

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2002/039791 A1 (Apito Corp. S.A.), 16 May, 2002 (16.05.02), Par. Nos. [0048] to [0053]; Figs. 9 to 12 & JP 2004-514054 A	1-19



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H05H1/46, H01L21/304, H05H1/30

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H05H1/46, H01L21/304, H05H1/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 5-59198 A (ソフタル エレクトロニック ゲー ムバーハー) 1993. 03. 09 段落0009-0012, 0 021-0029, 図10, 13 & EP 497996 B1	1-19
Y	J P 2001-35693 A (三菱電機株式会社) 2001. 02. 09 段落0050, 図7 (ファミリーなし)	1-19
Y	J P 60-262972 A (株式会社リコー) 1985. 12. 26 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 05. 2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山口 敦司

2M

9216

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 2002/039791 A1 (アピト コーポ. エス. アー.) 2002. 05. 16 段落0048-0053, 図9-12 & JP 2004-514054 A	1-19